

A3

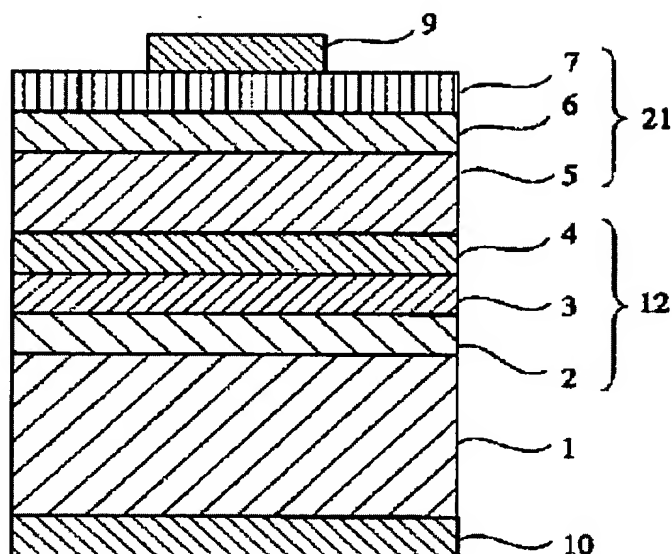
SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING ELEMENT

Patent number: JP2002344017
Publication date: 2002-11-29
Inventor: KONNO TAIICHIRO; UNNO TSUNEHIRO; SHIBATA KENJI
Applicant: HITACHI CABLE LTD
Classification:
- International: H01L33/00
- european:
Application number: JP20010150026 20010518
Priority number(s):

Abstract of JP2002344017

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high-luminance semiconductor light-emitting element that can be manufactured inexpensively and is free of the problem of peelings due to dicing, etc.

SOLUTION: In this semiconductor light-emitting element, a light emitting section layer 12 which is sandwiched between a first-conductivity clad layer 2 and a second-conductivity clad layer 4 and composed of an active layer 3 and a transparent conductive layer 7 made of a metal oxide are formed on a first-conductivity substrate 1. A compound semiconductor layer 6 is formed as the foundation layer of the conductive layer 7. The compound semiconductor layer 6 consists of a binary compound (InP or InAs), a ternary compound (AlInAs, AlInP, AlGaP, AlGaAs, GaInAsm or GaInP), a quaternary compound (AlInAsP, AlGaInP, AlGaInAs, AlGaAsP, or GaInAsP), or a quinary compound (AlGaInAsP), and the molar ratio of Ga is adjusted to ≤ 0.2 .



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-344017

(P2002-344017A)

(43) 公開日 平成14年11月29日 (2002. 11. 29)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

ターコード (参考)

E 5 F 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-150026(P2001-150026)

(22) 出願日 平成13年5月18日 (2001. 5. 18)

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区大手町一丁目6番1号

(72) 発明者 今野 泰一郎

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線

株式会社アドバンスリサーチセンタ内

(72) 発明者 海野 恒弘

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線

株式会社アドバンスリサーチセンタ内

(74) 代理人 100080012

弁理士 高石 梶馬

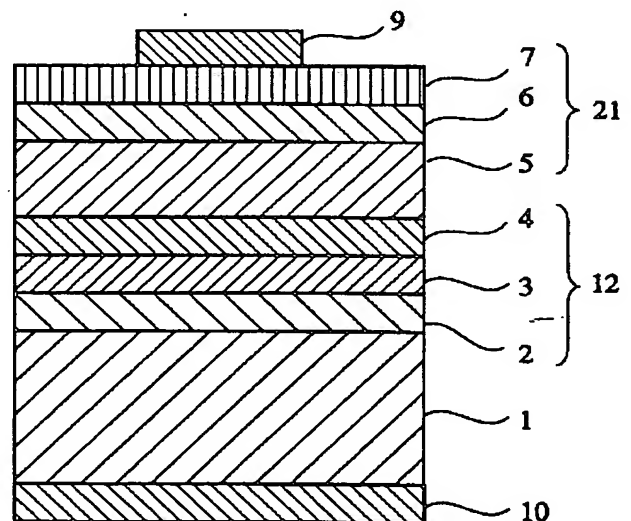
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】 高輝度で製造コストが低く、かつダイシング等による剥離の問題がない半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 第一導電型の基板1に、第一導電型のクラッド層2と第二導電型のクラッド層4とに挟まれた活性層3からなる発光部層12と、金属酸化物からなる透明導電層7とが形成された半導体発光素子であって、透明導電層7の下地層として化合物半導体層6が形成されている半導体発光素子。化合物半導体層6は、二元系 (In P、InAs)、三元系 (AlInAs、AlInP、AlGaP、AlGaAs、GaInAs、GaInP)、四元系 (AlInAsP、AlGaInP、AlGaInAs、AlGaAsP、GaInAsP)、又は五元系 (AlGaInAsP) からなる。Gaのモル比は0.2以下である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第一導電型の基板に、第一導電型のクラッド層と第二導電型のクラッド層とに挟まれた活性層からなる発光部層と、金属酸化物からなる透明導電層とが形成された半導体発光素子であって、前記透明導電層の下地層として化合物半導体層が形成されていることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】 請求項1に記載の半導体発光素子において、前記発光部層と前記化合物半導体層との間に電流分散層が形成されていることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項3】 請求項1又は2に記載の半導体発光素子において、前記化合物半導体層がInP又はInAsの二元系化合物半導体からなることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項4】 請求項1又は2に記載の半導体発光素子において、前記化合物半導体層がAlInAs又はAlInPの三元系化合物半導体からなることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項5】 請求項1又は2に記載の半導体発光素子において、前記化合物半導体層がAlGaAs、AlGaP、GaInAs及びGaInPからなる群から選ばれた少なくとも1種の三元系化合物半導体からなり、前記三元系化合物半導体中のGaのモル比が0.2以下であることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項6】 請求項1又は2に記載の半導体発光素子において、前記化合物半導体層がAlInAsPの四元系化合物半導体からなることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項7】 請求項1又は2に記載の半導体発光素子において、前記化合物半導体層がAlGaInP、AlGaInAs、AlGaAsP及びGaInAsPからなる群から選ばれた少なくとも1種の四元系化合物半導体からなり、前記四元系化合物半導体中のGaのモル比が0.2以下であることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項8】 請求項1又は2に記載の半導体発光素子において、前記化合物半導体層がAlGaInAsPの五元系化合物半導体からなり、前記五元系化合物半導体中のGaのモル比が0.2以下であることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項9】 請求項1～8のいずれかに記載の半導体発光素子において、前記第一導電型の基板がn型GaAsからなることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項10】 請求項1～9のいずれかに記載の半導体発光素子において、前記活性層がAlGaInP、GaInP、AlGaAs及びGaAsからなる群から選ばれた少なくとも1種の化合物半導体からなることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項11】 請求項1～10のいずれかに記載の半導体発光素子において、前記電流分散層がGaP、GaAlP、AlGaInP、AlGaAs及びGaAsPからなる群から選ばれた少なくとも1種の化合物半導体からなることを特徴とする半導体

発光素子。

【請求項12】 請求項1～11のいずれかに記載の半導体発光素子において、前記透明導電層を形成する金属酸化物がSnO₂、In₂O₃、ITO及びGa含有ZnOからなる群から選ばれた少なくとも1種であることを特徴とする半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は透明電極を有する半導体発光素子に関し、特に高輝度で製造コストが低く、剥離の問題がない金属酸化物系透明導電層を有する半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来発光ダイオード(LED)としては、GaP系の緑色発光ダイオードやAlGaAs系の赤色発光ダイオードがほとんどであった。しかし、最近GaIn系やAlGaInP系の結晶層を有機金属気相成長法(MOVPE)により成長させる技術が開発され、橙色、黄色、緑色、青色の高輝度発光ダイオードが製造できるようになった。

【0003】 MOVPE法により形成したエピタキシャルウエハを用いると、これまで不可能であった短波長の発光や、高輝度が得られるLEDが作製できる。図5は従来のLEDの断面構造の一例を示す。このLEDは、n型GaAs基板1の第一の主面上に、n型AlGaInPクラッド層2／アンドープAlGaInP活性層3／p型AlGaInPクラッド層4からなるダブルヘテロ構造の発光部層12を有する。さらにp型クラッド層4の表面の一部にAu等からなる表面電極9(光取り出し側)が形成され、基板1の第二の主面全面にAuGe合金等からなる電極10(基板側電極)が形成されている。

【0004】 この構造のLEDにより高輝度の発光を得るには、発光素子の表面電極9から発光素子に注入する電流を増大させる必要があるが、p型半導体からなる活性層3は一般に比抵抗が高いため、表面電極9から活性層3に注入される電流は電極9の近傍で密となる。電極9近傍の電流が密な部分に発光が集中するので、電極から遠い部分では十分な発光が得られず、LEDの発光効率が低いという問題があった。また電流が局所に集中すると順方向電圧が高くなり、電流による発熱が増大して発光素子の温度上昇が増大するという問題もある。

【0005】 従って、電流の局所的な集中を防止して高輝度なLEDを得るためには、発光部層における電流分布を均一化する必要があり、そのために低抵抗で発光波長に対して吸収の少ない物質からなる電流分散層を発光部層と電極との間に設けることが行なわれている。

【0006】 図6は電流分散層を有する従来の高輝度LEDの一例の断面構造を示す。基板1、発光部層12及び電極9、10については、図6のLEDは図5のLEDと同じである。図6のLEDに設けられた電流分散層5には、GaP又はGaAlP等の化合物半導体を使用されている。しかしGaP層

等のキャリア密度は余り高くなく、比較的高い比抵抗を有する。このため、十分な電流分散作用を得るには、GaP層を厚く成長させる必要がある。例えば、p型GaP (Zn ドープ量 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$) の場合約 $50 \mu\text{m}$ 以上の膜厚とする必要がある。しかし、GaP層を厚くするとLEDの製造コストが高くなる。

【0007】LEDのコストを下げるには電流分散層を薄くできれば良いが、これには抵抗の低いエピタキシャル層が必要であり、高キャリア濃度層が求められている。しかしAlGaInPやGaNのような半導体材料では、p型で高キャリア濃度のエピタキシャル層を成長させることが難しい。また他にもこの条件を満たす半導体があれば良いが、そのような特性の半導体は発見されていない。

【0008】そのため、低抵抗の電流分散層として種々の提案がなされている。その一つは、GaN系のLEDに金属薄膜を透明導電層として用いることである(特開平10-173224号)。しかしながら、金属薄膜の透光性を十分に高めるためには非常に薄くする必要があり、低抵抗でなくなる。一方、低抵抗を保持しようとする、金属薄膜の膜厚には限界があり、透光性に劣るようになる。

【0009】十分な透光性と十分な電流分散を得るのに必要な導電性とを満たす材料として、酸化インジウムスズ(ITO)のような金属酸化物が知られている。ITO膜を電流分散層として用いると、従来の厚い半導体電流分散層が不要になるので、低コストで高輝度のLEDが得られるようになる。光取り出し側の表面電極と発光部層との間にITO膜を設けたLEDの例は、米国特許5,481,122号、特開平11-4020号等に記載されている。

【0010】しかしエピタキシャルウエハ上にITO膜が形成されたLEDでは、ダイシング等の工程で、ITO膜が剥離してしまうという問題が生じることが分かった。そのため、エピタキシャルウエハ上にITO膜を有するLEDの実用化は困難であった。

【0011】従って本発明の目的は、高輝度で製造コストが低く、かつダイシング等による剥離の問題がない半導体発光素子を提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的に鑑み鋭意研究の結果、本発明者等は、発光部層の光取り出し側にInP等の化合物半導体層を介して金属酸化物系の透明導電層を設けることにより、透明導電層の剥離を抑制できることを発見し、本発明に想到した。

【0013】すなわち、本発明の半導体発光素子は、第一導電型の基板に、第一導電型のクラッド層と第二導電型のクラッド層とに挟まれた活性層からなる発光部層と、金属酸化物からなる透明導電層とが形成され、前記透明導電層の下地層として化合物半導体層が形成されていることを特徴とする。発光部層と化合物半導体層との間に電流分散層が形成されているのが好ましい。

【0014】前記化合物半導体層は、(1) InP又はInAs

の二元系化合物半導体、(2) AlInAs又はAlInPの三元系化合物半導体、(3) AlGaAs、AlGaP、GaInAs及びGaInPからなる群から選ばれた少なくとも1種であって、Gaのモル比が0.2以下である三元系化合物半導体、(4) AlInAsPの四元系化合物半導体、(5) AlGaInP、AlGaInAs、AlGaAsP及びGaInAsPからなる群から選ばれた少なくとも1種であって、Gaのモル比が0.2以下である四元系化合物半導体、又は(6) AlGaInAsPからなり、Gaのモル比が0.2以下である五元系化合物半導体であるのが好ましい。

【0015】第一導電型の基板はn型GaAsからなるのが好ましい。また発光部層中の活性層はAlGaInP、GaInP、AlGaAs及びGaAsからなる群から選ばれた少なくとも1種の化合物半導体からなるのが好ましい。さらに電流分散層はGaP、GaAlP、AlGaInP、AlGaAs及びGaAsPからなる群から選ばれた少なくとも1種の化合物半導体からなるのが好ましい。さらに透明導電層を形成する金属酸化物は SnO_2 、 In_2O_3 、ITO及びGa含有ZnOからなる群から選ばれた少なくとも1種であるのが好ましい。

【0016】

【発明の実施の形態】図1は本発明の一実施例による半導体発光素子の層構造を示す断面図である。この実施例では第一導電型はn型であり、第二導電型はp型であるが、この逆であっても良い。

【0017】n型GaAs基板1の第一主面上にn型AlGaInPクラッド層2が形成され、n型クラッド層2の上にアンドープAlGaInP活性層3が形成され、活性層3の上にp型AlGaInPクラッド層4が形成されている。n型クラッド層2と、活性層3と、p型クラッド層4とはダブルヘテロ構造の発光部層12を構成している。発光部層12の上にp型電流分散層5が形成され、p型電流分散層5の上に化合物半導体層6が形成され、化合物半導体層6の上に透明導電層7が形成されている。

【0018】発光部層12は、p-n接合型のダブルヘテロ接合構造を有するAlGaInP混晶により構成される。特にインジウム組成比を約0.5とする $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$) は、GaAs単結晶基板1と格子整合するため好ましい。

【0019】p型電流分散層5は、通常p型のGaP、GaAlP、AlGaInP、AlGaAs及びGaAsPからなる群から選ばれた少なくとも1種の化合物半導体からなる。p型電流分散層5を構成する化合物半導体は、発光波長の吸収が少なく、比抵抗が低いことが必要である。

【0020】透明導電層7を形成する金属酸化物は酸化錫(SnO_2)、酸化インジウム(In_2O_3)、酸化インジウム錫(ITO)及びGa含有酸化亜鉛(ZnO)からなる群から選ばれた少なくとも1種であるのが好ましく、とくにITOであるのが好ましい。ITOの比抵抗は約 $3 \times 10^{-6} \Omega\text{m}$ であり、p型GaP層の比抵抗の約百分の一である。従って、電流分散部21がITO層を有することにより、電流分散部全体の厚さを大幅に減少することができる。

【0021】化合物半導体層6は、(1) InP又はInAsの二元系化合物半導体、(2) AlInAs又はAlInPの三元系化合物半導体、(3) AlGaAs、AlGaP、GaInAs及びGaInPからなる群から選ばれた少なくとも1種であって、Gaのモル比が0.2以下である三元系化合物半導体、(4) AlInAsPの四元系化合物半導体、(5) AlGaInP、AlGaInAs、AlGaAsP及びGaInAsPからなる群から選ばれた少なくとも1種であって、Gaのモル比が0.2以下である四元系化合物半導体、又は(6) AlGaInAsPからなり、Gaのモル比が0.2以下である五元系化合物半導体であるのが好ましい。上記(3)及び(5)のGa含有化合物半導体では、Gaの化合物半導体6全体に対するモル比を0.2以下とするのが好ましいが、これは、Gaのモル比が0.2超となると透明導電層7の剥離の可能性が著しく増大するためである。最も好ましいのはGaのモル比0の場合である。

【0022】化合物半導体の種類及び化合物半導体層6の厚さ等は、半導体発光素子の発光波長及び輝度等の条件により適宜選択するのが好ましい。

【0023】化合物半導体層6はエピタキシャル成長法、例えば有機金属気相成長法(MOVPE法)により形成できる。透明導電層7は、スピンコート等で塗布膜を形成後に熱処理する湿式法、又はスパッタ法や各種の蒸着法等の乾式法により形成できる。

【0024】本発明の半導体発光素子は分布ブラッグ反射層(DBR層、図示せず)を基板1とn型クラッド層2の間に有してもよい。このDBR層により活性層3からの光線の基板1による吸収を減少して、半導体発光素子の発光効率を高めることができる。

【0025】図2は本発明の別の実施例による半導体発光素子の層構造を示す断面図である。n型GaAs基板1、発光部層12(n型AlGaInPクラッド層2、アンドープAlGaInP活性層3及びp型AlGaInPクラッド層4)、及び電流分散部21(p型電流分散層5、化合物半導体層6及び透明導電層7)については、図1の実施例の半導体発光素子と同じである。この半導体発光素子では、透明導電層7の一部にp型表面電極9が形成され、n型GaAs基板1の第二主面の全面にn型裏面電極10が形成されている。

【0026】p型表面電極9はワイヤボンディングに供され、n型裏面電極10はダイボンディングに供されるから、p型表面電極9及びn型裏面電極10には良好なボンディング特性、下層との良好なオーミック特性及び下層との密着性が要求される。そのため各電極9、10は複数の金属層により構成するのが好ましい。各電極9、10は酸化物層を有していても良い。さらに各電極9、10は最上層にAu、Al等のボンディング特性の良い金属層を有するのが好ましい。例えば、p型表面電極9にAuZn/Ni/Auの積層電極を使用し、n型裏面電極10にAuGe/Ni/Au積層電極を使用するのが好ましい。

【0027】各電極9、10の金属層は抵抗加熱蒸着法、電子線加熱蒸着法等の蒸着法で形成することができる。

さらに各電極9、10にオーミック性を付与するための熱処理(アロイング)を施しても良い。酸化物層は各種の公知の成膜方法で形成することができる。

【0028】

【実施例】本発明を以下の実施例によりさらに詳細に説明するが、本発明はそれらに限定されるものではない。

【0029】実施例1

図2に示す構造を有する発光波長630 nm付近の赤色発光ダイオードチップを下記手順により作製した。

【0030】まず700℃に加熱したn型GaAs基板1上に、厚さ500 nmのn型(Seドーブ) GaAsバッファ層、厚さ100 nmのn型(Seドーブ) (Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}Pクラッド層2(Seドーブ量: $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)、厚さ600 nmのアンドープ(Al_{0.15}Ga_{0.85})_{0.5}In_{0.5}P活性層3、厚さ1000 nmのp型(亜鉛ドーブ) (Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}Pクラッド層4(亜鉛ドーブ量: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)、厚さ2 μmのp型(亜鉛ドーブ) GaP電流分散層5(亜鉛ドーブ量: $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)、及び厚さ30 nmのp型(亜鉛ドーブ) InP化合物半導体層6(亜鉛ドーブ量: $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)を、50 Torrの成長圧力でMOVPE法により順にエピタキシャル成長させた。

【0031】キャリアガスに水素を使用し、それぞれAl供給源としてトリメチルアルミニウム(TMA)、Ga供給源としてトリメチルガリウム(TMG)、In供給源としてトリメチルインジウム(TMI)、As供給源としてアルシン(AsH₃)、P供給源としてホスフィン(PH₃)、Zn供給源としてジエチル亜鉛(DEZ)又はジメチル亜鉛(DM2)、及びSe供給源としてセレン化水素(H₂Se)を使用した。

【0032】発光部層12用のAlGaInP混晶層は、成長速度を0.3~1.0 nm/sにし、かつ供給するV族元素とIII族元素の重量比(V/III比)を300~600の範囲にして形成した。p型(亜鉛ドーブ) GaP電流分散層5は、成長速度を1 nm/sにし、かつV/III比を100にして形成した。またp型(亜鉛ドーブ) InP化合物半導体層6は、成長速度を1 nm/sにし、かつV/III比を100にして形成した。

【0033】次いでこのエピタキシャルウェハの表面上にスパッタ法により厚さ300 nmの酸化インジウムスズ

(ITO)透明導電層7を形成した。得られたITO透明導電層7の上に、直径150 μmの複数の円形開口部を有するマスクを使用して、厚さ60 nmの金-亜鉛合金、厚さ10 nmのニッケル、及び厚さ1000 nmの金を順に蒸着し、直径150 μmの複数の円形p型電極9をITO透明導電層7の表面全体に等間隔に形成した。またn型GaAs基板1の底面全体に、厚さ60 nmの金-ゲルマニウム合金、厚さ10 nmのニッケル及び厚さ500 nmの金を順に蒸着し、n型の裏面電極10を形成した。

【0034】このようにして作製したITO膜7及び電極9、10付きのエピタキシャルウェハを、表面電極9を1つ含む300 μm角のサイズでダイシングし、フレームに固

定し、表面電極9にワイヤボンディングを、裏面電極10にダイボンディングを行なって、発光ダイオードチップを作製した。

【0035】得られた発光ダイオードチップについて、ITO透明導電層7がエピタキシャル層から剥離する不良を示す発光ダイオードチップの割合をチップ表面評価装置により調べたところ、全体の3%であった。

【0036】実施例2

化合物半導体層6をp型（亜鉛ドーパ）InAs（亜鉛ドーパ量： $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）により形成した以外実施例1と同一の条件で、発光ダイオードチップを作製した。得られた発光ダイオードチップについて、ITO透明導電層7がエピタキシャル層から剥離する不良を示す発光ダイオードチップの割合を実施例1と同様に調べたところ、全体の9%であった。

【0037】実施例3

化合物半導体層6をp型（亜鉛ドーパ）AlInAs（亜鉛ドーパ量： $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）により形成した以外実施例1と同一の条件で、発光ダイオードチップを作製した。得られた発光ダイオードチップについて、ITO透明導電層7がエピタキシャル層から剥離する不良を示す発光ダイオードチップの割合を実施例1と同様に調べたところ、全体の7%以下であった。

【0038】実施例4

化合物半導体層6をp型（亜鉛ドーパ）AlInP（亜鉛ドーパ量： $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）により形成した以外実施例1と同一の条件で、発光ダイオードチップを作製した。得られた発光ダイオードチップについて、ITO透明導電層7がエピタキシャル層から剥離する不良を示す発光ダイオードチップの割合を実施例1と同様に調べたところ、全体の1%未満であった。

【0039】実施例5

化合物半導体層6をp型（亜鉛ドーパ）AlGaP（亜鉛ドーパ量： $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）により形成した以外実施例1と同一の条件で、発光ダイオードチップを作製した。得られた発光ダイオードチップについて、ITO透明導電層7がエピタキシャル層から剥離する不良を示す発光ダイオードチップの割合を、AlGaP中のGaのモル比を変化させて調べた。図3に結果を示す。

【0040】図3から分かるように、AlGaP中のGaのモル比が0.2を超えると剥離率が急増した。したがってAlGaP中のGaのモル比は0.2以下であるのが好ましい。より好ましくはAlGaP中のGaのモル比は0.1以下である。AlGaP中のGaのモル比が0.2の時の発光ダイオードチップについて、ITO透明導電層7がエピタキシャル層から剥離する不良を示す発光ダイオードチップの割合を実施例1と同様に調べたところ、全体の6%であった。

【0041】実施例6

化合物半導体層6をp型（亜鉛ドーパ）AlGaAs（Gaモル比：0.2、亜鉛ドーパ量： $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）により形成し

た以外実施例1と同一の条件で、発光ダイオードチップを作製した。得られた発光ダイオードチップについて、ITO透明導電層7がエピタキシャル層から剥離する不良を示す発光ダイオードチップの割合を実施例1と同様に調べたところ、全体の8%以下であった。

【0042】実施例7

化合物半導体層6をp型（亜鉛ドーパ）GaInAs（Gaモル比：0.2、亜鉛ドーパ量： $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）により形成した以外実施例1と同一の条件で、発光ダイオードチップを作製した。得られた発光ダイオードチップについて、ITO透明導電層7がエピタキシャル層から剥離する不良を示す発光ダイオードチップの割合を実施例1と同様に調べたところ、全体の9%以下であった。

【0043】実施例8

化合物半導体層6をp型（亜鉛ドーパ）GaInP（Gaモル比：0.2、亜鉛ドーパ量： $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）により形成した以外実施例1と同一の条件で、発光ダイオードチップを作製した。得られた発光ダイオードチップについて、ITO透明導電層7がエピタキシャル層から剥離する不良を示す発光ダイオードチップの割合を実施例1と同様に調べたところ、全体の6%以下であった。

【0044】実施例9

化合物半導体層6をp型（亜鉛ドーパ）AlInAsP（亜鉛ドーパ量： $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）により形成した以外実施例1と同一の条件で、発光ダイオードチップを作製した。得られた発光ダイオードチップについて、ITO透明導電層7がエピタキシャル層から剥離する不良を示す発光ダイオードチップの割合を実施例1と同様に調べたところ、全体の7%であった。

【0045】実施例10

化合物半導体層6をp型（亜鉛ドーパ）AlGaInP（Gaモル比：0.2、亜鉛ドーパ量： $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）により形成した以外実施例1と同一の条件で、発光ダイオードチップを作製した。得られた発光ダイオードチップについて、ITO透明導電層7がエピタキシャル層から剥離する不良を示す発光ダイオードチップの割合を実施例1と同様に調べたところ、全体の7%以下であった。

【0046】実施例11

化合物半導体層6をp型（亜鉛ドーパ）AlGaInAs（Gaモル比：0.2、亜鉛ドーパ量： $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）により形成した以外実施例1と同一の条件で、発光ダイオードチップを作製した。得られた発光ダイオードチップについて、ITO透明導電層7がエピタキシャル層から剥離する不良を示す発光ダイオードチップの割合を実施例1と同様に調べたところ、全体の8%以下であった。

【0047】実施例12

化合物半導体層6をp型（亜鉛ドーパ）AlGaAsP（Gaモル比：0.2、亜鉛ドーパ量： $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）により形成した以外実施例1と同一の条件で、発光ダイオードチップを作製した。得られた発光ダイオードチップについて、

ITO透明導電層 7 がエピタキシャル層から剥離する不良を示す発光ダイオードチップの割合を実施例 1 と同様に調べたところ、全体の 8 % 以下であった。

【0048】実施例13

化合物半導体層 6 を p 型（亜鉛ドーパ）GaInAsP（Ga モル比：0.2、亜鉛ドーパ量： $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）により形成した以外実施例 1 と同一の条件で、発光ダイオードチップを作製した。得られた発光ダイオードチップについて、ITO透明導電層 7 がエピタキシャル層から剥離する不良を示す発光ダイオードチップの割合を実施例 1 と同様に調べたところ、全体の 9 % 以下であった。

【0049】実施例14

化合物半導体層 6 を p 型（亜鉛ドーパ）AlGaInAsP（Ga モル比：0.2、亜鉛ドーパ量： $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）により形成した以外実施例 1 と同一の条件で、発光ダイオードチップを作製した。得られた発光ダイオードチップについて、ITO透明導電層 7 がエピタキシャル層から剥離する不良を示す発光ダイオードチップの割合を実施例 1 と同様に調べたところ、全体の 8 % 以下であった。

【0050】比較例1

化合物半導体層 6 を形成しない以外実施例 1 と同じ条件で、図 4 に示す構造の発光波長 630nm 付近の発光ダイオードを作製した。それから得られた発光ダイオードチップの 90 % 以上に、ITO透明導電層 7 のエピタキシャル層からの剥離が認められた。

【0051】以上、ダブルヘテロ構造の発光部層 12 を AlGaInP により形成した場合を例にとって説明したが、本発明はこれに限定される訳ではなく、例えば AlGaAs のような他の化合物半導体を発光部層 12 に用いる半導体発光素子にも適用可能である。

【0052】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明により発光部層上に設ける透明導電層の下地層として化合物半導体層を設けることで、ダイシング等により透明導電層がエピタキシャルウエハから剥離するのを防止することができる。また透明導電層として比抵抗の低い ITO 等の金属酸化物層を使用することができるので、従来の高輝度半

導体発光素子のエピタキシャル層よりも $1/5 \sim 1/10$ と薄いエピタキシャル層の形成により十分な電流分散作用が得られる。

【0053】また従来技術では厚いエピタキシャル層を用いても十分な電流分散特性が得られなかったが、本発明による化合物半導体層／金属酸化物透明導電層の組合せにより、薄くても十分な電流分散特性を発揮し得るため、輝度が約 50 % も向上した半導体発光素子を得ることができる。このような構造を有する本発明の高輝度半導体発光素子は製造コストが低く、かつ信頼性が高いという利点も有する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施例による半導体発光素子の構造を示す断面図である。

【図 2】 本発明の別の実施例による発光素子の構造を示す断面図である。

【図 3】 実施例 5 の AlGaP 中の Ga のモル比と ITO 透明導電層の剥離率との関係を示すグラフである。

【図 4】 比較例 1 の発光素子の構造を示す断面図である。

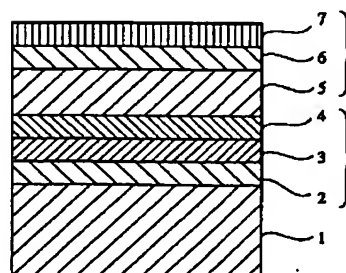
【図 5】 従来の発光素子の構造の一例を示す断面図である。

【図 6】 従来の発光素子の構造の別の例を示す断面図である。

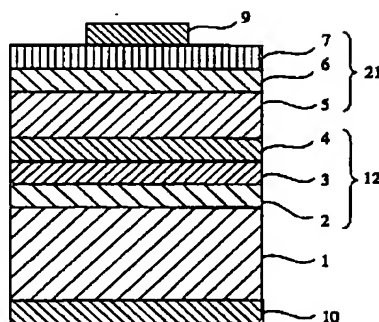
【符号の説明】

- 1・・・基板
- 2・・・第一導電型のクラッド層
- 3・・・活性層
- 4・・・第二導電型のクラッド層
- 5・・・電流分散層
- 6・・・化合物半導体層
- 7・・・透明導電層
- 9・・・表面電極
- 10・・・裏面電極
- 12・・・発光部層
- 21・・・電流分散部

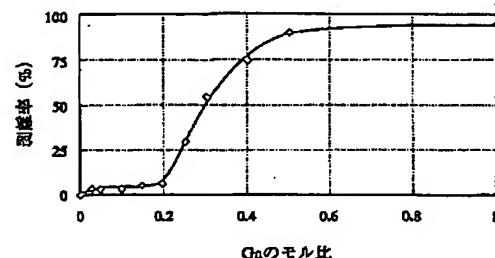
【図 1】



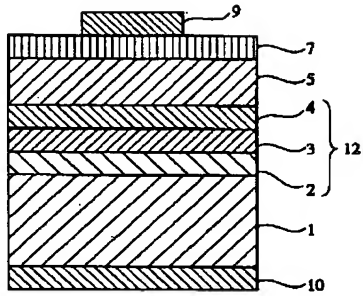
【図 2】



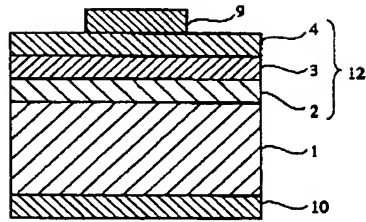
【図 3】



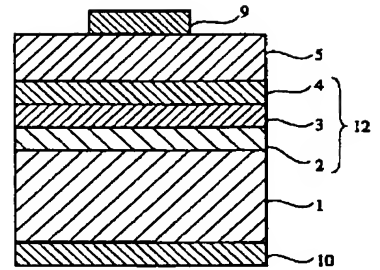
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 柴田 憲治
茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立
電線株式会社日高工場内

Fターム(参考) 5F041 AA03 AA41 AA43 CA04 CA34
CA64 CA82 CA85 CA88 CA92
CA99